

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Байкальский институт природопользования
Сибирского отделения Российской академии наук
доктор географических наук, академик РАН
Гармаев Ендон Жамьянович
«29» апреля 2026 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Зыонг Тхи Май
«Модификация сегментированных полиуретанов координационными соединениями меди», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения

Актуальность диссертационной работы обусловлена необходимостью создания новых полимерных материалов с регулируемыми электрофизическими и высокими физико-механическими характеристиками. В настоящее время значительный научный и прикладной интерес представляют полимерные материалы с пониженными поверхностным и объёмным электрическим сопротивлением, востребованные в электронной, электротехнической, химической, нефтегазовой, горнодобывающей и упаковочной промышленности. Практическая значимость антистатических материалов определяется их способностью предотвращать накопление и неконтролируемый разряд статического электричества, приводящие к повреждению электронных компонентов, загрязнению поверхностей, ухудшению эксплуатационных свойств изделий и возникновению пожаро- и взрывоопасных ситуаций.

Перспективным классом объектов для решения данной задачи являются сегментированные полиуретаны (СПУ), сочетающие эластичность, прочность, технологичность переработки и возможность направленного регулирования надмолекулярной организации. Анализ литературных источников показывает, что металлокомплексное связывание полиуретанов является одним из эффективных способов влияния на их технические характеристики. Вместе с тем, большинство известных металлокоординированных полиуретанов сохраняют диэлектрические свойства, несмотря на активное развитие данного научного направления.

В этой связи представляет научный интерес исследование закономерностей координационного связывания полиуретанов разработанной металлокомплексной системой в условиях отсутствия изоцианатных групп, а также установление влияния мольного соотношения компонентов металлокомплексной системы на структуру и

свойства получаемых полимерных материалов. Модификация сегментированных полиуретанов координационными соединениями меди с целью получения материалов с пониженным удельным объёмным электрическим сопротивлением при сохранении или улучшении прочностных характеристик, **является актуальным исследованием.**

Диссертационная работа Зыонг Тхи Май имеет довольно традиционную структуру для кандидатских диссертаций и изложена на 125 страницах машинописного текста, состоит из введения, трех глав, включающих литературный обзор, экспериментальную часть, основные результаты и их обсуждение, заключение и список использованных источников (157 наименований). Текст диссертации содержит 48 рисунков и 5 таблиц.

Анализ содержания работы.

Во введении диссертации обоснована актуальность темы исследования, связанная с необходимостью разработки полимерных материалов с пониженным электрическим сопротивлением, способных эффективно отводить статическое электричество и одновременно сохранять высокие физико-механические характеристики.

Первая глава представляет собой литературный обзор, посвященный современным представлениям о строении, способах синтеза, морфологии и свойствах сегментированных полиуретанов, а также подходах к получению металлокоординированных полиуретанов. Автор последовательно рассматривает особенности фазового разделения в сегментированных полиуретанов, роль мягких и жестких сегментов, влияние природы полиолов, диизоцианатов и удлинителей цепи на механические и термические свойства полиуретанов. Существенное внимание уделено образованию водородных связей, процессам микрофазового разделения и их влиянию на морфологию и эксплуатационные характеристики сегментированных полиуретанов. Далее систематизированы литературные данные по металлокоординированным полиуретанам, способам введения ионов металлов в полиуретановую матрицу, а также по влиянию координационного связывания на структуру, термические, механические и функциональные свойства таких материалов. Отдельный раздел посвящен электрофизическим свойствам металлокоординированных полиуретанов, где показано, что, несмотря на значительное число работ в этой области, проблема получения полиуретановых материалов с реально пониженным электрическим сопротивлением остается недостаточно решенной. Таким образом, первая глава не только дает необходимую теоретическую базу, но и подводит к постановке задач исследования.

Вторая глава посвящена описанию характеристик используемых исходных реагентов, методик синтеза и модификации получаемых полимеров и методов исследования их свойств и характеристик.

В третьей главе представлены основные результаты исследования и их обсуждение. Глава посвящена изучению формирования металлокомплексной системы на основе хлорида меди и N,N'-диэтилгидроксиламина (CuCl_2 -ДЭГА), а также анализу её влияния на структуру и свойства сегментированных полиуретанов, модифицированных как в процессе синтеза, так и после предварительного растворения в тетрагидрофуране.

В разделе 3.1 рассмотрены основные закономерности формирования модифицирующей металлокомплексной системы (МК). Исследовано состояние CuCl_2 в различных средах и его взаимодействие с N,N'-диэтилгидроксиламином. Показано, что взаимодействие CuCl_2 с ДЭГА протекает с наибольшим выходом при эквимольном соотношении CuCl_2 и ДЭГА.

В разделе 3.2 изучено координационное связывание сегментированных полиуретанов в процессе их синтеза. Установлено, что введение системы CuCl_2 -ДЭГА приводит к снижению удельного объёмного электрического сопротивления и изменению термомеханических характеристик модифицированных сегментированных полиуретанов (МСПУ). Наиболее выраженный эффект наблюдается при низком содержании системы CuCl_2 -ДЭГА, что свидетельствует о существенном её влиянии на надмолекулярную организацию МСПУ.

В разделе 3.3 исследовано координационное связывание сегментированных полиуретанов при взаимодействии системы CuCl_2 -ДЭГА с растворами сегментированных полиуретанов в тетрагидрофуране с последующим получением соответствующих РМСПУ. Показано, что модификация сопровождается изменением размеров надмолекулярных образований, улучшением прочностных и деформационных характеристик, а также изменением термических и электрофизических свойств РМСПУ. На основании совокупности полученных данных автор делает вывод о значительном структурирующем влиянии малых количеств металлокомплексной системы на сегментированные полиуретаны.

Научная новизна выполненной работы заключается в установлении того, что влияние малых количеств МК как на электрофизические, так и на физико-механические свойства сегментированных полиуретанов обусловлено возникновением значительных ориентационных процессов в полимерной матрице модифицированных сегментированных полиуретанов и РМСПУ. Эти процессы индуцируются кооперативным характером взаимодействий, начало которым даёт координационное связывание уретановых групп, входящих в структуру жёстких блоков сегментированных полиуретанов.

Теоретическая значимость работы заключается в установлении возможности направленного влияния на надмолекулярную организацию, физико-механические и

электрофизические характеристики сегментированных полиуретанов путём их модификации малыми количествами металлокомплексной системы, полученной с использованием хлорида меди и N,N'-диэтилгидроксиламина.

Практическая ценность работы заключается в том, что способные эффективно отводить статическое электричество сегментированных полиуретанов востребованы в составе дорожек скольжения надувных трапов самолетов и покрытий для компонентов спасательного эвакуационного оборудования в связи с трением материалов по рабочей поверхности.

Таким образом, актуальность, научная новизна и практическая значимость диссертации Зыонг Тхи Май не вызывает сомнений.

Содержание диссертации соответствует следующим пунктам паспорта специальности 1.4.7. Высокмолекулярные соединения: п. 2, в части: Разработка новых и усовершенствование существующих методов синтеза полимеров и полимерных форм; п. 3, в части: Структурная модификация полимеров; п. 9, в части: Целенаправленная разработка полимерных материалов с новыми функциями и интеллектуальных структур с их применением, обладающих характеристиками, определяющими области их использования в заинтересованных отраслях науки и техники.

Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации.

Достоверность результатов, полученных в диссертационной работе Зыонг Т.М. и **обоснованность выводов исследований** подтверждается согласованностью полученных результатов и использованием классических и современных физико-механических и физико-химических методов испытаний.

Публикации. Работа прошла тщательную апробацию, материалы обсуждались на всероссийских и международных конференциях в качестве устных и стендовых докладов. Основное содержание диссертации изложено в 13 научных публикациях, в том числе: 3 статьях, рекомендованных ВАК РФ для размещения материалов диссертаций, 2 статьях, индексируемых в системе WoS и 8 тезисах докладов на научных конференциях.

По диссертации Зыонг Т.М. возникли следующие вопросы:

1. Почему значения твердости по Шору А для МСПУ (Таблица 1.1), полученных при мольных соотношениях [ПФ]:[МДИ]:[БД] = 1:2:1 и 1:3:2, проходят через максимум при содержании CuCl_2 0,05 мас.%, а затем снижаются при дальнейшем увеличении концентрации модификатора?
2. Кривые напряжение – деформация для РМСПУ, полученные при [ПФ]:[МДИ]:[БД]=1:2:1 на рисунке 3.24 удобно было бы представить на одном рисунке или разделить на 1-4 и на 1,5-12.

3. Как коррелируют данные о гидродинамическом диаметре частиц РМСПУ в растворе ТГФ (динамическое светорассеяние, Рисунок 3.22) с данными о морфологии поверхности пленок, полученных из этих растворов (атомно-силовая микроскопия, Рисунок 3.30)?
4. Скачкообразное падение удельного объемного сопротивления (ρ_v) на 3-4 порядка объясняется перескоковым механизмом электронов между Cu^{2+} и Cu^+ . Какие есть прямые или косвенные доказательства существования меди в двух степенях окисления в конечном материале? Проводили ли, например, ЭПР-спектроскопию?»
5. Почему природа аниона (хлорид) критически важна? Чем, нитрат или сульфат меди отличаются в контексте формирования проводящих каналов?
6. Можете ли предложить физическую модель проводящего пути в МСПУ и РМСПУ? Как именно электроны «перескакивают» через сложноэфирный фрагмент уретановой группы? Это внутримолекулярный или межмолекулярный процесс?
7. Рост прочности и эластичности при 0,1-0,5 мас.% CuCl_2 (Рис. 3.24) объясняется укрупнением доменов жестких сегментов. Но почему при этом одновременно растут и прочность (с 15 до 35 МПа), и удлинение (с 400 до 1400%)? Обычно эти свойства разнонаправлены.

Указанные вопросы, конечно, не снижают значимость настоящей научной работы. Результаты исследования имеют важное научное и практическое значение и могут представлять интерес для таких организаций как Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, МИРЭА - Российский технологический университет, Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова Российской академии наук, «Институт технической химии Уральского отделения Российской академии наук» - филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук, ФГБУН Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской академии наук, Филиал НИЦ "Курчатовский институт" - ПИЯФ – Институт высокомолекулярных соединений и в других профильных организациях, связанных с данной областью химии.

Диссертационная работа Зыонг Тхи Май, выполненная на тему «Модификация сегментированных полиуретанов координационными соединениями меди», представляет завершённую научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований решена важная **научная и практическая задача**: разработка модифицированных металлокомплексной системой CuCl_2 -ДЭГА сегментированных полиуретанов с улучшенными прочностными характеристиками и пониженным удельным

объёмным электрическим сопротивлением, имеющая важное значение в соответствующей отрасли науки. По актуальности темы, научной новизне, достоверности полученных экспериментальных результатов, обоснованности выводов и практической ценности диссертационная работа Зыюнг Тхи Май соответствует требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 в действующей редакции, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Зыюнг Тхи Май заслуживает присуждения учёной степени кандидата химических наук по специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения.

Диссертационная работа Зыюнг Тхи Май «Модификация сегментированных полиуретанов координационными соединениями меди» обсуждена, отзыв заслушан и утвержден на заседании лаборатории химии полимеров Федерального государственного бюджетного учреждения науки Байкальский институт природопользования Сибирского отделения Российской академии наук г. Улан-Удэ (протокол № 26 от 27 апреля 2026 г.).

доктор химических наук (02.00.06 – Высокомолекулярные соединения),
заместитель директора БИП СО РАН по научной работе,
заведующий лабораторией химии полимеров
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Байкальский институт
природопользования Сибирского отделения Российской академии наук (БИП СО РАН)
г. Улан-Удэ



Бурдуковский Виталий Федорович

Ученый секретарь
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Байкальский институт
природопользования Сибирского отделения Российской академии наук
г. Улан-Удэ
кандидат химических наук



Пинтаева Евгения Цыденовна

29 апреля 2026 г.

670047, Российская Федерация, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, д.6.,
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Байкальский институт
природопользования Сибирского отделения Российской академии наук

Тел.: +7(3012) 43-36-76; 43-34-23
Email: info@binm.ru
www.binm.ru

Вход. № 05-2919
« 07 » 05 2026 г.
подпись 